

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Kakao



**Gambar 1.** Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.)

(Sumber : Dinas Perkebunan Provinsi Sulawesi Selatan. 2014)

Tanaman Kakao ( *Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu tanaman perkebunan atau industri yang berkembang pesat di dunia, termasuk di Indonesia (Siregar *et al.*, 2005). Kakao merupakan komoditas nonmigas ketiga terbesar di sub sektor perkebunan setelah karet dan kelapa sawit untuk diekspor serta memiliki prospek cukup baik untuk dikembangkan. Produksi kakao menurut status perusahaan (perkebunan rakyat, negara, dan swasta) tahun 1967 - 2017 pada tahun 2015 produksi kakao di Sumatra mencapai 149.907 ton/ha, di Jawa mencapai 32.381 ton/ha, di Nusa Tenggara mencapai 18.559 ton/ha, di Kalimantan mencapai 7.958 ton/ha, di Sulawesi mencapai 355.216 ton/ha, di Maluku dan Papua mencapai 29.310 ton/ha (Ditjenbun, 2016). Menurut Susanto (2005) meningkatnya produksi kakao dikarenakan tanaman perkebunan ini menghasilkan biji yang sering disebut biji kakao yang digunakan sebagai bahan pembuatan minuman, kue serta penyediaan bahan baku untuk industri kosmetika dan farmasi.

### 2.1.1 Klasifikasi Tanaman Kakao

Menurut Classification USDA Plants klasifikasi tanaman kakao adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae  
Subkingdom : Tracheobionta  
Superdivision : Spermatophyta  
Division : Magnoliophyta  
Class : Magnoliopsida  
Subclass : Dilleniidae  
Ordo : Malvales  
Family : Sterculiaceae  
Genus : *Theobroma* L.  
Species : *Theobroma cacao* L.

### 2.1.2 Syarat Tumbuh Tanaman Kakao

Tanaman kakao merupakan salah satu komoditas andalan nasional dan berperan penting dalam perekonomian. Luas perkebunan kakao di Indonesia pada tahun 2017 mencapai 1.691.334 ha (Ditjenbun, 2016). Dengan teknik budidaya yang baik mampu menghasilkan produksi kakao yang melimpah pada tahun 2017 produksi kakao mencapai 688.345 ton/ha. Oleh karena itu sangat diperlukan petunjuk teknis budidaya tanaman kakao salah satunya mengetahui berbagai syarat tumbuh tanaman. Sejumlah faktor iklim dan tanah menjadi kendala bagi pertumbuhan tanaman. Berikut adalah beberapa syarat tumbuh tanaman kakao diantaranya adalah:

## 1. Iklim

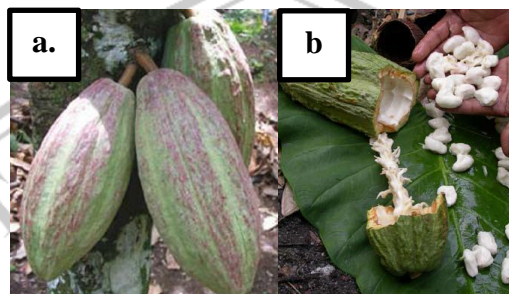
Menurut Agussalim., *dkk* (2009) curah hujan cukup dan terdistribusi merata, dengan jumlah hujan 1500 – 2500 mm/th, dengan bulan kering tidak lebih dari 3 bulan. Suhu rata – rata antara 15 – 30°C, dengan suhu optimum 25,5°C. Fluktuasi suhu harian tidak lebih dari 9°C. Tidak ada angin bertiup kencang. Menurut Karmawati, E., *dkk* (2010) daerah yang curah hujannya lebih rendah dari 1.200 mm/th masih dapat ditanami kakao, tetapi dibutuhkan air irigasi. Hal ini disebabkan air yang hilang karena transpirasi akan lebih besar dari pada air yang diterima tanaman dari curah hujan. Selain itu, Pengaruh suhu terhadap kakao erat kaitannya dengan ketersediaan air, sinar matahari dan kelembaban. Faktor – faktor tersebut dapat dikelola melalui pemangkasan, penataan tanaman pelindung dan irigasi.

## 2. Keadaan Tanah

Syarat tumbuh selanjutnya yaitu keadaan tanah. Pada tanaman kakao keadaan tanah yang dikehendaki yaitu solum tanah dalam (>150cm). Tekstur dan struktur tanah baik, sehingga tanah mempunyai daya menahan air, aerasi, dan drainase yang baik. Tekstur tanah yang baik untuk tanaman kakao adalah lempung liat berpasir dengan komposisi 30-40 % fraksi liat, 50% pasir, dan 10-20 persen debu. Kandungan bahan organik tidak kurang dari 3%. Kandungan unsur hara cukup tinggi. Selain itu kemiringan lahan juga merupakan sifat fisik yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman kakao (Agussalim., *dkk* 2009). pH tanah antara 6 – 7 Menurut Karmawati, E., *dkk* (2010) Tanaman kakao dapat tumbuh dengan baik pada tanah yang memiliki

pH 6-7,5; tidak lebih tinggi dari 8 serta tidak lebih rendah dari 4; paling tidak pada kedalaman 1 meter. Hal ini disebabkan terbatasnya ketersediaan hara pada pH tinggi dan efek racun dari Al, Mn, dan Fe pada pH rendah.

### 2.1.3 Morfologi Buah dan Biji Kakao



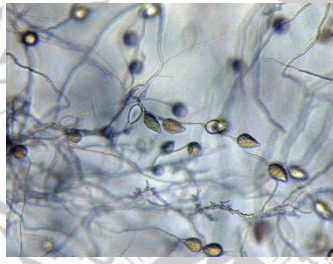
**Gambar 2.** (a) Buah Kakao, (b) Biji Buah Kakao

(Sumber : <https://www.voaindonesia.com>)

Buah kakao memiliki warna buah yang sangat beragam, tetapi pada dasarnya hanya ada dua macam warna. Buah yang ketika muda berwarna hijau atau hijau agak putih jika sudah masak akan berwarna kuning. Sementara itu, buah yang ketika muda berwarna merah, setelah masak berwarna jingga. Panjang buah kakao sekitar 10 cm hingga 30 cm. Kulit buah memiliki 10 alur dalam dan dangkal yang letaknya berselang-seling. Pada tipe criollo dan trinitario alur kelihatan jelas, kulit buahnya tebal tetapi lunak dan permukaannya kasar. Sebaliknya, pada tipe forastero, permukaan kulit halus; tipis, tetapi liat. Buah akan masak setelah berumur enam bulan. Biji tersusun dalam lima baris mengelilingi poros buah. Jumlahnya beragam, yaitu 20 – 50 butir per buah. Jika dipotong melintang, tampak bahwa biji disusun oleh dua kotiledon yang saling melipat dan bagian pangkalnya menempel pada poros lembaga (*embryo axis*). Warna

kotiledon putih untuk tipe criollo dan ungu untuk tipe forastero. Biji dibungkus oleh daging buah (pulpa) yang berwarna putih, rasanya asam manis dan diduga mengandung zat penghambat perkecambahan. Sehingga jika hendak dijadikan benih maka daging buah (pulpa) ini harus dibuang karena jika pulpa tidak dibuang maka biji akan mengalami proses fermentasi dan hal ini merusak biji itu sendiri (Karmawati, E., *dkk* 2010).

## 2.2 *Phytophthora palmivora*



**Gambar 3.** *Phytophthora palmivora*

(Sumber : Google.com <http://idtools.org>)

*Phytophthora palmivora* merupakan salah satu patogen utama penyebab penyakit busuk buah tanaman kakao yang dapat mempengaruhi sistem produksi kakao di dunia. Penyakit ini dapat menyebabkan kehilangan hasil mencapai 90% terutama pada musim hujan atau musim kemarau pada lahan dengan populasi semut yang banyak (Rosmana *et al.* 2010a). Di Indonesia *P. palmivora* merupakan spesies utama yang menyerang semua fase perkembangan buah kakao. Secara umum kehilangan hasil akibat serangan *p. palmivora* mencapai 40%.

### 2.2.1 Klasifikasi *Phytophthora palmivora*

Klasifikasi *Phytophthora palmivora* adalah sebagai berikut:

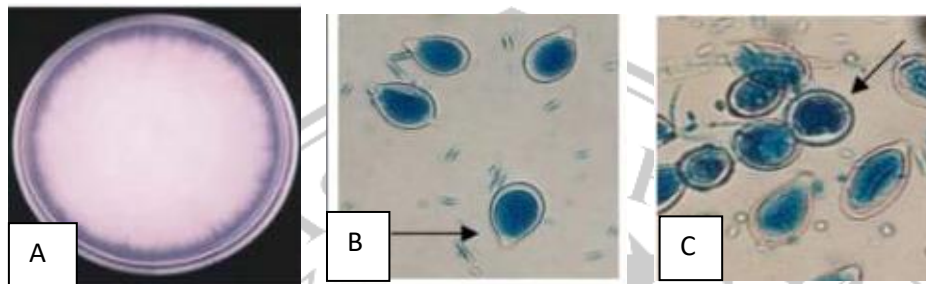
Divisi	: Stramenophiles
Kelas	: Oomycetes
Ordo	: Peronosporales
Famili	: Pythiaceae
Genus	: <i>Phytophthora</i>
Spesies	: <i>Phytophthora palmivora</i> (Pracaya, 2007)

### 2.2.2 Ciri – ciri *Phytophthora palmivora*

*P. palmivora* memiliki ciri-ciri koloni bulat, berdiameter 79,19 mm, berwarna putih, sporangium berbentuk ovoid (oval) dengan papila (pp) di ujungnya dan pedisel (pd) di pangkalnya, serta klamidospora (kl) berbentuk bulat dengan dinding tebal, selain itu terdapat oogonium (og) berbentuk bulat dengan dilengkapi anteridium (an) pada pangkalnya (Purnomo. E ., dkk 2017). Ciri – ciri *P. palmivora* secara makroskopis memiliki warna koloni putih bersih seperti kapas, bentuk dan arah pertumbuhannya berlapis tipis, berbingkul – bingkul, tumbuh radial dan membentuk struktur bunga krisan. Sedangkan ciri – ciri *P. palmivora* secara mikroskopis terdiri dari bentuk hifa tidak bersepta, bentuk sporangium ovoid seperti buah pir, klamidospora berbentuk globulosa, berdinding tebal dengan 2 lapisan (Sunarti dan Yoza, 2010).

### 2.2.3 Identifikasi *Phytophthora palmivora*

Hasil penelitian Umayu dan Purwantara (2006) diperoleh hasil *P. palmivora* dengan ciri – ciri makroskopis dan mikroskopis dengan perbesaran 400 X sebagai berikut:



**Gambar 4.** (A) Bentuk koloni *P. Palmivora*, (B) sporangium mempunyai papila yang jelas dengan tangkai pendek, (C) klamidospora.

Sporangium (zoosporangium) berbentuk bulat telur seperti buah pir (pyriform) yang mempunyai sebuah tonjolan (papil). Sporangium mempunyai ukuran  $(32 - 52) \times (29 - 41) \mu m$ . Sporangium dapat berkecambah secara tidak langsung membentuk spora kembara (zoospora) yang keluar satu persatu dari dalam sporangium. Disamping itu sporangium berkecambah secara langsung dengan membentuk hifa atau pembuluh kecambah. Oleh karena itu sporangium *Phytophthora* disebut konidium (Semangun, 2000). Hifa dari species *Phytophthora* tidak mempunyai sekat dan mempunyai banyak cabang.

### 2.2.4 Ekologi *Phytophthora palmivora*

Menurut Duniway (1983) *Phytophthora palmivora* dilaporkan dapat membentuk sporangium pada buah kakao dengan kelembaban nisbi udara 70 – 90 %. Meskipun kondisi lingkungan tidak menguntungkan, misalnya kelembaban udara rendah, radiasi sinar matahari dan temperatur ekstrim, sporangium masih dapat terbentuk, memencar, dan menginfeksi. Siklus hidup patogen penyakit BBK



dapat berlangsung secara seksual (kawin) dan aseksual (tidak melalui perkawinan), namun yang berlangsung saat ini umumnya secara aseksual, karena belum ada studi tentang tipe kawin spora patogen BBK.

*P. palmivora* akan membentuk spora apabila bercak coklat pada buah sudah merata yang di tandai dengan adanya serbuk berwarna putih. Selain itu, kondisi lingkungan yang lembab juga menjadi salah satu faktor cendawan berkembang biak dengan sangat cepat. Perkembangannya akan sangat baik pada kondisi lingkungan dengan suhu 27,5 °C – 30 °C dan spora akan tumbuh dengan sangat cepat yang menunjukkan gejala dimulai dari pangkal atau ujung buah yang akan meluas (Keren, 2011)

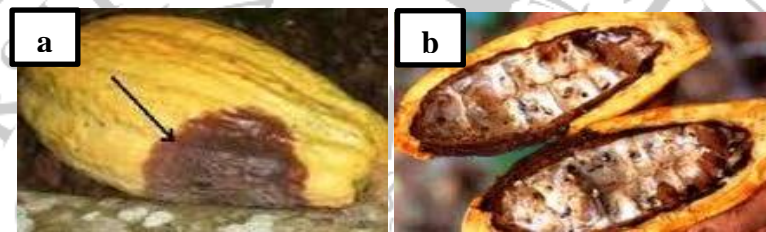
### **2.2.5 Gejala Serangan**

Gejala *P. palmivora* yang diketahui sejauh ini adalah adanya busuk pada bawah atau pangkal buah yang dapat menyebar keseluruh buah dengan kondisi yang mendukung. Selain pada buah juga diketahui gejala serangan dari *P. palmivora* pada daun namun karakteristiknya belum diketahui. Menurut Sriwati dan Muarif (2012) awal serangan *P. palmivora* adalah pada ujung buah atau dekat dengan tangkai buah yang kemudian dalam kondisi yang mendukung bisa menyebar keseluruh bagian buah. Buah akan menjadi busuk setelah 2 – 3 minggu serangan yang ditandai dengan berwarna hitam. Buah yang telah berwarna hitam tersebut apabila diamati akan terlihat serbuk putih seperti tepung dimana serbuk putih tersebut adalah jamur sekunder yang membentuk spora. Bukan dibagian luar, *P. palmivora* dapat masuk ke dalam buah yang dapat menyebabkan busuk pada biji. Apabila serangan *P. palmivora* terjadi pada buah yang menjelang



masak. Gejala pada buah tidak hanya terjadi pada buah masak saja namun juga bisa terjadi pada buah yang masih kecil.

Di Palu Sulawesi Tengah perkembangan penyakit busuk buah tertinggi di tanaman kakao pada kondisi suhu 20-30 ° C dan ketinggian 180-210 meter dpl. Serangan penyakit busuk buah disebabkan kondisi morfologi kulit buah kakao yang tidak rata, kasar, beralur dan mudah menyimpan air, sehingga spora berkembang dan menginfeksi buah (Karmawati *et al.*, 2010).



**Gambar 5.** (a) Buah kakao bagian kulit yang terserang *Phytophthora palmivora*,  
(b) Buah kakao bagian biji yang terserang *Phytophthora palmivora*

(Sumber :<https://klinikprotektan.wordpress.com>)

#### 2.2.6 Penyebaran Penyakit

Penyebaran penyakit yang diakibatkan oleh *P. palmivora* melalui butiran tanah, oleh bahan organik yang terangkut oleh air atau oleh serangga sehingga dapat mencapai buah dipohon yang letaknya sangat tinggi. Penyebaran penyakit dibantu oleh angin kedaun, cabang dan buah. Penyakit akan semakin parah apabila curah hujan dan kelembaban kebun tinggi. Menurut OPT Hortikultura (2011) apabila curah hujan rendah, aktivitas miselium dan meluasnya patogen akan melambat. Cuaca kering bisa menyebabkan pohon yang terserang bisa bertahan lebih lama karena melambatnya laju perluasan.

Penyebaran *P. palmivora* juga dipengaruhi adanya semut *Iridomirmex cordatus* pada penelitian Rosmana A., *et al* (2010b) menunjukkan bahwa semakin tinggi intensitas *Iridomirmex cordatus*, semakin tinggi intensitas penyakit busuk buah. Penyebaran lain dari *P. palmivora* oleh semut *Iridomirmex cordatus* tampaknya terjadi karena propagul *P. palmivora* terbawa langsung oleh tubuh semut dari tanah ke buah kakao. Penyebaran penyakit *p. palmivora* dijumpai pada keadaan tanaman kakao yang salah dalam penggunaan naung.

Pada penelitian Fauzan A., *dkk* (2013) kejadian penyakit dan keparahan penyakit tertinggi terdapat pada kebun kakao naungan pisang yaitu 86,30% dan 73,40% Artinya, 86,30 % dari total jumlah buah terserang penyakit busuk buah kakao, dan buah yang terserang penyakit busuk buah kakao telah busuk bagian buahnya sekitar 73,40 % dari seluruh bagian buahnya. Ini membuktikan bahwa naungan pisang tidak baik digunakan sebagai pohon penaung tanaman kakao, dikarenakan tanaman pisang dapat terserang dan menjadi inang dari jamur *P. palmivora*, sehingga tanaman kakao menjadi lebih mudah terserang penyakit busuk buah kakao. Infeksi *P. palmivora* pada bunga pisang dapat menular dan menyebabkan ledakan populasi penyakit busuk buah. Selain itu, penggunaan pohon pisang tidak dianjurkan sebagai pohon naungan kakao karena berkompetisi dengan kakao dalam penyerapan unsur hara dan kebutuhan air sehingga menyebabkan hasil tanaman kakao tidak memuaskan.

#### **2.2.7 Siklus Hidup *Phytophthora palmivora***

*P. palmivora* dapat menyebar dikarenakan dapat terbawah oleh percikan air hujan ke buah – buah yang dekat tanah. Sporangium dapat terbawah oleh



*P. palmivora* dibanding kontrol. Aplikasi perlakuan *Trichoderma* dan fungisida ditiokarbamat dua kali dalam sebulan dengan interval waktu dua minggu sekali dan penyemprotan pada waktu pagi atau sore hari. Target penyemprotan pada buah kakao yang terserang penyakit busuk buah dan secara merata pada bagian tanaman lain. Volume semprot dengan tingkat kerapatan *Trichoderma* antara  $10^7$ - $10^9$  spora/ml air dan fungisida ditiokarbamat 5 cc/liter air.

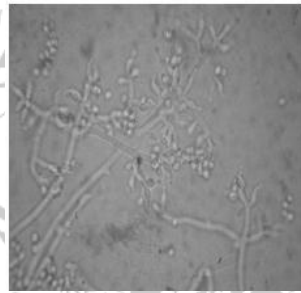
### **2.3 *Trichoderma* sp.**

*Trichoderma* sp. merupakan jenis antagonis yang paling banyak mendapat perhatian karena mudahnya dijumpai di semua tempat. Antagonis ini merupakan antagonis tanah yang paling berhasil didalam mengendalikan banyak penyakit tanaman. Spesies jamur antagonis ini paling umum dijumpai didalam tanah khususnya dalam tanah organik, dan sering digunakna didalam pengendalian hayati, baik terhadap patogen tular – tanah atau rizosfer maupun patogen filosfer. Beberapa kelebihan kemampuan jamur antagonis ini yang membuatnya telah banyak diformula dan dipasarkan. Selain itu, kisaran inang patogen tanaman yang luas juga menjadi salah satu pertimbangan mengapa jamur ini banyak digunakan, selain oleh pertimbangan yang lain (Soesanto L, 2013).

*Trichoderma* sp. digunakan sebagai jamur atau cendawan antagonis yang mampu menghambat perkembangan patogen melalui proses mikroparasitisme, antibiosis, dan kompetisi. Jamur *Trichoderma* sp. sebagai jamur antagonis yang bersifat preventif terhadap serangan penyakit tanaman telah menjadikan jamur tersebut semakin luas digunakan oleh petani dalam usaha pengendalian organisme pengganggu tumbuhan (OPT). Selain karakternya sebagai antagonis diketahui

pula bahwa *Trichoderma* sp. juga berfungsi sebagai dekomposer dalam pembuatan pupuk organik. Beberapa kelebihan *Trichoderma* sp. antara lain mudah diisolasi, daya adaptasi luas, mudah ditemukan di tanah areal pertanian, dapat tumbuh dengan cepat pada berbagai substrat, memiliki kisaran mikroparasitisme yang luas, dan tidak bersifat patogen pada tanaman (Hidayatullah., *dkk* 2018).

### 2.3.1 Klasifikasi *Trichoderma* sp.



**Gambar 7.** *Trichoderma* sp.

(Sumber : Purwantisari, 2009)

Klasifikasi *Trichoderma* sp. adalah sebagai berikut:

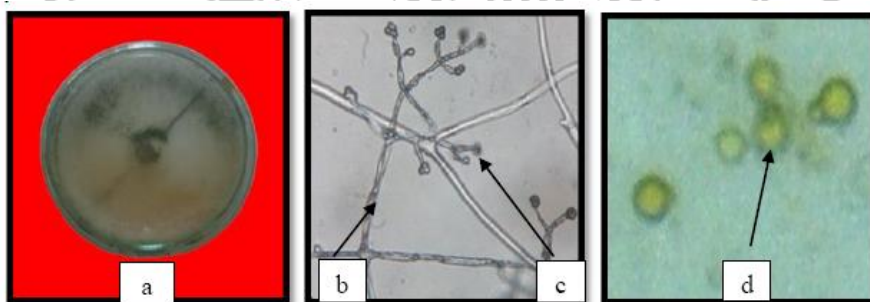
Divisi	: Deuteromycota
Kelas	: Deuteromycetes
Ordo	: Moniliales
Famili	: Moniliaceae
Genus	: <i>Trichoderma</i>
Spesies	: <i>Trichoderma</i> sp. ( Howell, <i>et al.</i> 1997)

### 2.3.2 Ciri – ciri dan jenis *Trichoderma* sp.

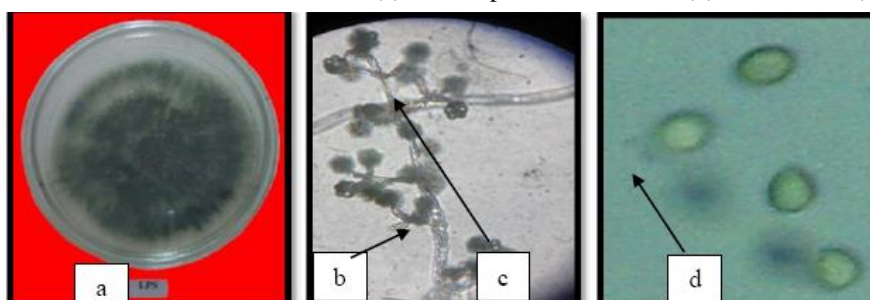
Ciri – ciri *Trichoderma harzianum* warna koloni hijau pekat memiliki bentuk dan arah pertumbuhan bulat, permukaan halus, cincin – cincin jelas, hifa rapat dan menyebar ke segala arah. Bentuk hifa bersepta dan bentuk konidia oval.

Ciri – ciri *Trichoderma virens* warna koloni hijau keputihan memiliki bentuk dan arah pertumbuhan bulat, cincin – cincin jelas dan menyebar ke segala arah. Bentuk hifa bersepta dan bentuk konidia oval. Cendawan *Trichoderma* terdapat lima jenis yang mempunyai kemampuan untuk mengendalikan beberapa patogen yaitu *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma koningii*, *Trichoderma viride*, *Trichoderma hamatum*, dan *Trichoderma polysporum*. Jenis yang banyak dikembangkan di Indonesia antara lain *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma koningii*, *Trichoderma viride*. (Sunarti dan Yoza, 2010).

Menurut hasil penelitian Gusnawaty *et al.*, (2014) ditemukan beberapa jenis *Trichoderma*. Berikut beberapa jenis *Trichoderma* yang ditemukan di Sulawesi Tenggara

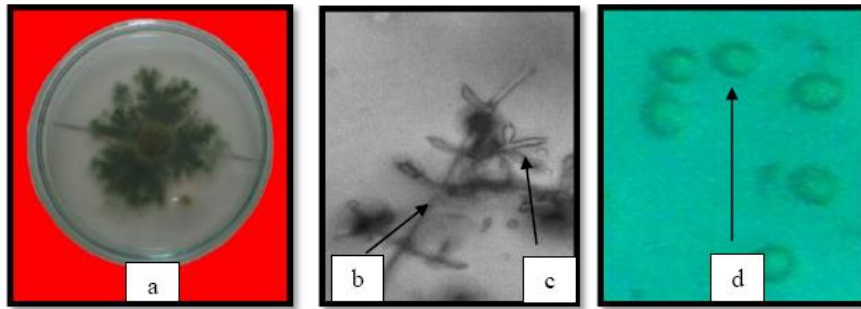


**Gambar 8.** *Trichoderma hamatum*, (a) Koloni pada media PDA, (b) Konidiofor, (c) Fialid, (d) Konidia

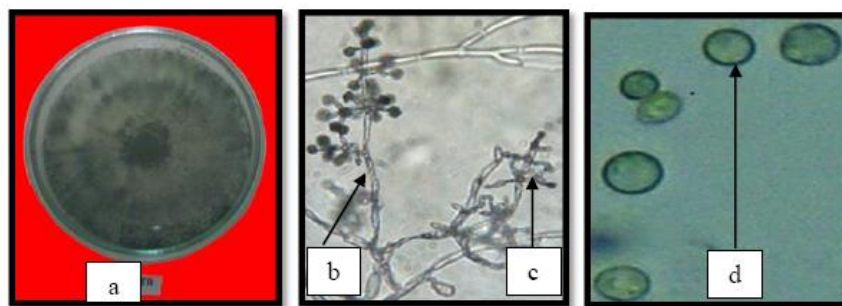


**Gambar 9.** *Trichoderma harzianum*, (a) Koloni pada media PDA, (b) Konidiofor, (c) Fialid, (d) Konidia





**Gambar 10.** *Trichoderma Polysporum*, (a) Koloni pada media PDA, (b) Konidiofor, (c) Fialid, (d) Konidia



**Gambar 11.** *Trichoderma aoroviride*, (a) Koloni pada media PDA, (b) Konidiofor, (c) Fialid, (d) Konidia

Gambar 6 menunjukkan jenis *Trichoderma hamantum* berdasarkan sifat mikroskopisnya memiliki ciri bentuk konidiofor tegak bercabang, bentuk fialid pendek dan tebal, bentuk konidianya oval. Jenis *Trichoderma harzianum* Gambar 7 menunjukkan bentuk konidiofor tegak bercabang, fialidnya pendek lebih tebal, kodia oval. Pada Gambar 8 menunjukkan jenis *Trichoderma polysporum* memiliki bentuk konidiofor bercabang, bentuk fialid panjang dan luas, bentuk konidia oval. Jenis *Trichoderma oureoviride* Gambar 9 memiliki bentuk konidiofor bercabang, bentuk fialidnya pendek, tebal dan vertikal, bentuk konidiannya oval. Berdasarkan uraian tersebut dapat diketahui bahwa penelitian Gusnawaty (2014) yang membedakan antara jenis *Trichoderma hamantum*, *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma Polysporum* dan *Trichoderma aureoviride* adalah bentuk fialidnya.



### 2.3.3 Mekanisme Pengendalian *Trichoderma* sp.

*Trichoderma* sp. mampu bekerja sebagai mikoparasit / hiperparasit, berkemampuan tinggi dalam kompetisi makanan, ruang, dapat menghasilkan antibiotik atau metabolit, sistem kerja enzim yang memungkinkan merusak pada berbagai jamur patogen (Djafarudin, 2000). Kandungan metabolit sekunder pada *Trichoderma* sp. mampu menghambat serangan patogen lain.

Menurut Berlian., dkk (2013), beberapa metabolit yang dihasilkan *Trichoderma* sp. adalah:

- a. *Lytic Activity*. Kemampuan *Trichoderma* sp. untuk mendegradasi sel jamur inang karena adanya kitinase, glukukanase dan protease. Ketiga enzim tersebut digunakan *Trichoderma* sp. untuk mempenetrasi masuk kedalam sel jamur inang kemudian sel jamur inang akan mengalami vakuolasi, lisis dan akhirnya hancur. Setelah berhasil mempenetrasi kedalam sel jamur inang maka *Trichoderma* sp. akan menggunakan isi hifa inangnya sebagai sumber makanan.
- b. *Alkyl Pyrones*. Metabolit sekunder ini merupakan antibiotik yang dihasilkan oleh *Trichoderma* sp. yang bersifat anti jamur sehingga dapat menghambat perkecambahan jamur lainnya.
- c. *Isonitriles*. Metabolit sekunder ini juga merupakan antibiotik yang dihasilkan oleh *Trichoderma* sp. , produksinya bergantung pada masing – masing kemampuan spesiesnya, yang tergolong senyawa *isonitriles* adalah *isonitrin* A-

D dan *isonitrinic acids* E dan F. *Isonitrin* A efektif mengendalikan bakteri sedangkan *isonitrin* D efektif dalam mengendalikan jamur.

- d. *Polyketides*. Salah satu antibiotik yang tergolong dalam senyawa ini adalah *harzianolide* yang fungsinya dapat menghambat jamur patogen. Selain itu juga dapat menghambat pertumbuhan spora dan klamidospora.
- e. *Peptaibols*. Salah satu antibiotik yang tergolong senyawa ini adalah *peptide trichopolyns* A dan B yang dapat menghambat perkembangan jamur dan bakteri gram positif.
- f. *Diketopiperazines*. Metabolit sekunder tersebut merupakan salah satu antibiotik yang disebut dengan gliotoksin dan diketahui kerjanya adalah menghambat pertumbuhan miselia, pembentukan spora, dan motilitas zoospora dari *Phytophthora*.
- g. *Sesquiterpenes*. Metabolit ini sudah terbukti memiliki aktivitas antibiotik terhadap beberapa jenis bakteri anaerob dan jamur.
- h. *Steroids*. Salah satu antibiotik yang termasuk senyawa tersebut adalah viridian yang diketahui dapat menghambat perkecambahan spora jamur.

Mekanisme pengendalian / penghambatan *Trichoderma* sp. yaitu menggunakan uji antagonis. Beberapa macam proses antagonisme *Trichoderma* sp. terhadap inang (patogen), yaitu:

#### 1). Antibiosis

Antibiosis adalah proses pengeluaran/pelepasan senyawa kimia yang memiliki sifat metabolik sebagai antibiotik. Proses pengendalian mekanisme

biologis zat biokimia dapat bekerja secara individual dari satu jenis zat aktif atau bekerja bersama dengan aktifitas zat lainnya. Lien *et al.* (1994) menjelaskan bahwa proses mekanisme antibiosis dari substansi aktif yang diproduksi oleh jamur *T. viridae* disebut *Trikolin*. Senyawa ini merusak dan menyebabkan hilangnya formasi organ liposom yang terkandung dalam sel. Liposom ini berperan dalam pembentukan protein pada jamur patogen *Rhizoctonia solani* sehingga proses sintesis protein terganggu dan menyebabkan pertumbuhannya terhambat (Suwahyono, 2000).

## 2) Kompetisi

*Trichoderma* sp. mampu bersaing dengan patogen, terutama dalam hal mengekstrak / memperoleh nutrisi dalam tanah seperti karbon, nitrogen, makroelemen dan mikroelemen lainnya. Adanya kemampuan kompetisi tersebut menyebabkan pertumbuhan patogen pada tanaman terhambat (Freeman, *et al.*, 2002).

## 3) Mikoparasit

Mikoparasit terjadi melalui parasitasi hifa *Trichoderma* sp. terhadap jamur lain yang diserangnya. Menurut Harman (2004), *Trichoderma* sp. mampu menghasilkan senyawa ekstraseluler eksokitinase yang menghasilkan fungitoksik yang dapat mendegradasi dinding sel patogen. Selain itu, hifa yang telah berhasil mendegradasi dinding sel patogen, selanjutnya akan masuk ke dalam lumen jamur target.